

基于信息熵理论的农业环境地质系统 状态评价方法研究

严宝文¹,方立²,李靖¹,许琴³

(1 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院,陕西 杨凌 712100;2 河南黄河水文勘测设计院,河南 郑州 450004;

3 冯家山水库管理局午井灌溉管理处,陕西 杨凌 712100)

[摘要] 为了针对性地研究黄土高原区各类农业环境地质问题的发生机制,制定相应的对策,对农业环境地质系统状况进行了评价研究,运用理论分析与实例验证方法,提出了农业环境地质系统包含农业地质环境和人类农事活动两子系统,某区农业环境地质系统的状态可由人类农事活动对农业地质环境要素的进占程度描述,并以信息熵理论来表征这一状态变化过程,探讨了区域农业环境地质系统状况的评价方法和步骤,最后以陕西省黄土地区为例进行了实际评价,结果与现实状况相吻合。

[关键词] 农业环境地质;状态评价;信息熵;黄土高原;陕西省

[中图分类号] X141

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)11-0223-07

Study of agro-environmental geology system and its state evaluation base on information entropy theory

YAN Bao-wen¹, FANG Li², LI Jing¹, XU Qin³

(1 College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Institute of Hydrologic Exploration and Design of the Yellow River, Zhengzhou, He 'nan 450004, China;

3 Wujing Irrigation Office of Fengjiashan Reservoir Administrative Office, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to research the occurring mechanism of every kind of agro-environment geological problem in the Loess Plateau, furthermore to make the relative countermeasure, it is a great item necessary to evaluate the system state of agro-environment geological in this area. By using theoretical analysis and case test, the agro-environment geology system may be divided to two subsystems, agro-geological environment and mankind's farming behavior. A given district's system condition may be expressed by taking degree of mankind's farming behavior to the key element of the agro-geological environment. In this paper, the information entropy theory is used to embody the process, therefore deduce a theoretical evaluation method on a given area's agriculture water and soil environment system state, and the theory is confirmed by taking Loess area of Shaanxi Province as an example.

Key word: agriculture water and soil environment; state evaluation; information entropy; Loess Plateau; Shaanxi Province

地质环境因素是影响农业活动的基础性因素之一,它与人类农事活动构成农业环境地质系统。可

[收稿日期] 2005-10-25

[基金项目] 陕西省自然科学基金项目(2005D06);西北农林科技大学优秀人才项目(04ZR013);西北农林科技大学科研专项(06ZR043)

[作者简介] 严宝文(1970-),男,陕西汉中,副教授,博士,主要从事地质地貌、农业水土环境与保护研究。

E-mail: yanbaowen2006@yahoo.com.cn

见,建立农业环境地质概念,研究两子系统间的关系是保证农业可持续发展的必然要求。农业环境地质学的概念在我国最早于 20 世纪 80 年代被提出,但其研究始终被隐义于农业地质学、土壤地质学等专门的农业环境地质学分支中,内容也多侧重于研究自然地质条件对农业的作用,而不讨论反向的作用,更未将地质环境与人类农事活动纳入同一系统,从系统演化的角度进行思考与研究,同时将信息熵应用于黄土高原农业环境地质系统这样一个复杂且具有历史演变性的人-地大系统的研究。本文运用理论分析与实例验证方法,提出了农业环境地质系统包含农业地质环境和人类农事活动两个子系统,某区农业环境地质系统的状态可由人类农事活动对农业地质环境要素的进占程度描述,并以信息熵理论表征了这一状态的变化过程,探讨了区域农业环境地质系统状况的评价方法和步骤,最后以陕西省黄土地区为例进行了实际评价,以期有针对性地研究黄土高原区各类农业环境地质问题的发生机制、评价农业环境地质系统状况,由此提出预防此类问题发生的对策,保证该区农业的可持续发展。

1 农业环境地质系统与农业环境地质问题

1.1 农业环境地质系统

农业环境地质系统是农业环境地质研究的客观对象,它有放射状结构。整个系统可分为农业地质环境和人类农事活动两大子系统。两大子系统之下又划分出更小的子系统、第四级和第五级构成因素。

农业环境地质系统作为一个专门性系统,除具

有系统的共有特征外,还具有开放性、相对稳定性^[1-3]、等级包容性、可拓展性以及鲜明的社会历史性(生产力水平决定性)等特点。

1.2 农业环境地质问题

农业环境地质系统是开放的耗散结构体系^[4],系统以突变的形式产生有序向无序直至混沌的转变^[5-6]。系统两大子系统的协调发展对应农业的可持续性,当外来扰动或内部能动构件引发系统局部异变的产生、发展,导致整个系统脱离固有稳态,所造成的不利于农业可持续发展的自然变异现象称为农业环境地质问题(灾害)。

1.2.1 原生农业环境地质问题 农业地质环境提供给人类农事活动正常进行所需的水资源、土壤、地貌等。上述要求不能充分满足,或供给超过了生产力可驾驭的水平,便对农业的可持续发展造成危害,即为原生农业环境地质问题,其发生本来是自然演化事件,仅在其随人类农事活动范围、规模扩大而与人类接触后,对农业发展的不满足性(或过满足性)才能得以体现,也就演变成农业环境地质问题。

1.2.2 次生(人为)农业环境地质问题 人为性是此类问题的重要特征。人为因素一方面促成农业地质环境各要素的变化,另一方面则在系统状态分支点附近施加扰动促成涨落^[7]形成与放大,最终导致系统状态失稳(图 1)。图 1 中状态分界 定义为系统状态极限阈,状态分界 则是由较好转变为经常出现问题状态的界线。依耗散结构理论,分界 是系统进入耗散稳定的状态阈限,即越过该阈限后,系统将在极限阈与耗散稳定阈间运动变化,通过自然或人为的变异维持系统存在。

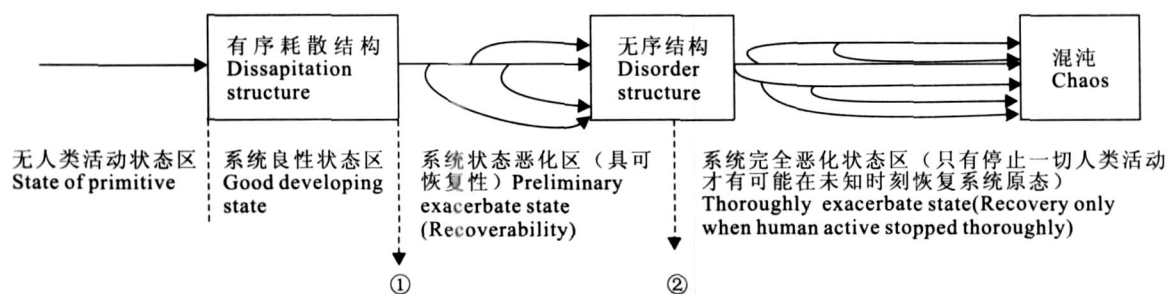


图 1 次生农业环境地质问题的形成与发展

Fig. 1 Formation and development of second-hand agro-soil and water problems

2 区域农业环境地质系统状况评价体系的构建

2.1 评价思路

具有确定地理范围的区域内其地质环境要素及

各要素中所包含的类型数是确定的,各要素及其类型对人类农事活动的抗变能力不同。人类农事活动的时空扩张就是逐渐增加其对要素种类的占用数量和程度的过程。当进占到容量较小的要素或类型分布区时,产生的农业环境地质问题就多,发生强度就

大,反之农业环境地质系统状态就比较稳定,产生的农业环境地质问题就较少。

可见,区域农业环境地质系统状况的演进过程可以由各时期农事活动范围(农牧业分布)侵占农业地质环境要素及其类型的数量和程度来表示,由此符合了信息熵^[8]的表达形式。

2.2 评价方法

在某区的农牧业发展过程中,从表面看人类农事活动对某种要素及其类型的选用机率应当是相同的^[8-9]。即对某一要素,农牧业发展对其选用必有一个最大值状态,可表述为:

$$H_j(S)_{\max} = \ln N. \quad (1)$$

式中: $H_j(S)_{\max}$ 为 j 要素最大值状态下的信息熵; N 为该地质环境要素中包含的类型总数。

但具体历史阶段某要素被选用的实际状态信息熵为:

$$H_j(S) = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i. \quad (2)$$

式中: $H_j(S)$ 为 j 要素实际占用状态下的信息熵; p_i 为该地质环境要素 i 类型被占用的比例。

相对发展农牧业的适宜程度,任一农业地质环境要素的各类型都有一个权数 a_i ,则式(1)和式(2)将分别演变为:

$$H_j(S)_{\text{sus}} = - \sum_{i=1}^N a_i \ln a_i, \quad (3)$$

$$H_j(S) = - \sum_{i=1}^N \left(\frac{a_i p_i}{\sum a_i p_i} \right) \ln \left(\frac{a_i p_i}{\sum a_i p_i} \right). \quad (4)$$

式中: $H_j(S)_{\text{sus}}$ 为 j 要素理想状态下的信息熵。

式(3)表示一定农业生产力水平下,人类对某一农业地质环境要素的各类型,都依其农牧业适宜性利用时(以农牧业适宜性为约束条件的耗散稳定状态)的信息熵。式(4)反映的则是不考虑各类型农牧业适宜性而进行机会程度均等利用时的系统状态信息熵值,是该要素的恶变极限熵。

2.3 评价步骤

(1) 农业地质环境要素的选择。要求所选要素是农业地质环境体系物质成分、物质结构和动力作用 3 部分内的要素,是相对静态即在农业史中变动微小的要素,是能取得编绘思想一致的图件资料的要素。

(2) 基础数据的量取。该数据指各时期农牧区分布内,每一农业地质环境要素中各个类型所占的面积数,可由求积仪获取,也可运用 GIS 系统的相应处理软件完成。

(3) 要素各类型权值的确定。以农牧业的适宜

性为目标,运用层次分析法(AHP)^[10]确定各类型的相对权重。

(4) 农业地质环境要素信息熵的计算。将数据代入式(3)、(4),计算各农业地质环境要素的信息熵。

(5) 农业环境地质系统熵及系统分界点值的确定。以同一时期各农业地质环境要素信息熵的算术平均值为该期的农业环境地质系统熵,并确定相应的可持续界限和系统极限界限信息熵值,明确熵值大小与农业环境地质系统状态的关系。

(6) 区域农业环境地质系统状况评价。农业环境地质系统熵值与二界限值比较,所得熵差,即

$$\Delta H(S)_{\text{sus}} = \frac{H_j(S)_{\text{sus}} - H_j(S)}{H_j(S)_{\text{sus}}}, \quad (5)$$

$$\Delta H(S)_{\text{lim}} = \frac{H_j(S)_{\text{lim}} - H_j(S)}{H_j(S)_{\text{lim}}}. \quad (6)$$

式中: $\Delta H(S)_{\text{sus}}$ 为可持续熵差, $\Delta H(S)_{\text{lim}}$ 为极限熵差, $H_j(S)_{\text{lim}}$ 即为式(1)中的 $H_j(S)_{\max}$ 。评价结果反映了该区某时期所处的农业环境地质系统状态,并与该时期农业环境地质问题的发生强度与频率相联系,可从信息熵的概念上对农业环境地质问题的发生状况进行解释、评价直至预测。

3 陕西黄土区农业环境地质系统状态评价

3.1 农业地质环境

陕西黄土区位于东经 105°40'~111°15',北纬 34°~39°34',总面积约 13 万 km²。大地构造分区由北向南依次为鄂尔多斯台坳中生代陆相沉积盆地、鄂尔多斯台缘褶皱带、渭河地堑新生代断陷盆地及豫西断隆西北一部。地层以中生界陆相碎屑岩及第四纪黄土为主。地形北高南低,长城沿线以风沙地貌为主,长城以南黄土地貌水土流失强烈。南部关中盆地三面环山向东敞开的渭河河谷盆地,两岸皆为黄土覆盖的宽广阶地平原。年平均降水量自西北向东南从 340 mm 左右增至 1 000 mm 左右。按土壤的地带性变化由北向南依次划分为长城沿线沙土区,陕北北部黑垆土区,陕北南部灰褐土区和关中平原褐土、塋土区^[11]。

3.2 农牧业发展简史及现状

陕西黄土区是我国北方农业文明的发源地。新石器时代就出现了较为发达的远古农业。西周、秦、汉王朝相继在西安建都,周时陕北北部为游牧民族占据,关中平原则为农耕区;秦汉时全区移民垦荒空前兴盛,农耕区北推至陕北南部;东汉后,历经魏晋

南北朝的动乱,游牧民族再次入主北部,仅有极小面积的农田分布于河川谷地;唐宋时人口增加,农田面积不断扩大,陕北森林草原面积日益萎缩,毛乌素沙漠南压东进;元明时基本继承了宋代的农牧业格局,仅陕北的牧业生产有所加强,这一地区农牧业混杂的局面得以确立;清及民国时期,本区牧业萎缩严重。陕北黄土高原区农田紧接毛乌素沙漠南缘的局面一直维持到今天。

本区 2000 年底总人口约 2 500 万人,总耕地面积约 296 万 hm^2 ,其中陕北黄土高原约 100 万 hm^2 ,

以旱地和坡耕地为主;关中平原区约 196 万 hm^2 ,以平地和水浇地为主。另外,陕北有草地 302 万 hm^2 ,关中 74 万 hm^2 。陕北草地面积虽大,但以荒漠草原居多,单位面积产草量和载畜量都较低。畜牧养殖方式方面,除长城沿线风沙草原区以放牧为主外,其余地区以圈养为主,对生态环境的影响较小^[12]。

3.3 农业地质环境要素的获取

按地省级区域农业地质环境要素的选取原则,结合资料的可获得性,制定了陕西省黄土高原地区农业环境地质系统状况评价的指标体系^[13-14](表 1)。

表 1 陕西省黄土高原地区农业环境地质系统状况评价的指标体系

Table 1 Assessment indexes of agro-environment geological system of Loess part of Shaanxi Province

归属 Belonging	指标 Index	指标内部分类 Inner-types
物质组成 Material component	土壤质地 Soil texture	1. 沙土 Sandy soil; 2. 沙壤土 Sandy earth; 3. 壤土 Earth soil; 4. 粘壤土 Clay earth; 5. 粉沙粘壤土 Silt clay earth; 6. 壤粘土 Earth clay; 7. 砂砾质壤土 Sandy-granular earth; 8. 砂砾质粘壤土 Sandy-granular clay earth; 9. 砂砾质壤粘土 Sandy-granular earth clay
	土壤养分 Soil nutrient	1. 中氮较高磷春麦高产亚区 Medium-N & high-P highly yield spring wheat belt; 2. 低氮较高磷春麦中产亚区 Low-N & high-P medium yield spring wheat belt; 3. 低氮中磷春麦低产亚区 Low-N & medium phosphorus lower yield spring wheat belt; 1. 低氮低磷冬麦低产亚区 Low-N & low-P lower yield spring wheat belt; 2. 低氮中磷冬麦低产亚区 Low-N & medium-P lower yield winter wheat belt; 1. 中氮中磷冬麦低产亚区 Medium-N & medium-P lower yield winter wheat belt; 2. 中氮较高磷冬麦中产亚区 Medium-N & high-P medium yield winter wheat belt; 1. 高氮高磷冬麦高产亚区 High-N & high-P highly yield winter wheat belt; 2. 中氮较高磷冬麦高产亚区 Medium-N & high-P highly yield winter wheat belt; 3. 中氮较高磷冬麦低产亚区 Medium-N & high-P lower yield winter wheat belt
	年降水量分带/ mm Annual precipitation	1. < 350; 2. 350 ~ 400; 3. 400 ~ 450; 4. 450 ~ 500; 5. 500 ~ 700; 6. 550 ~ 600; 7. 600 ~ 700; 8. 700 ~ 800; 9. 800 ~ 900; 10. > 900
	地下水补给模数/ ($10^4\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$) Groundwater recharge ratio	1. < 1; 2. 1 ~ 2.5; 3. 2.5 ~ 5; 4. 5 ~ 10; 5. 10 ~ 15; 6. 15 ~ 20; 7. 20 ~ 25; 8. > 25
	地貌分区 Landscape type	(1) 侵蚀-剥蚀的黄土梁峁 Erosion-transport loess dune; (2) 水流切割的黄土残塬 Flow-cut loess residue plain; (3) 侵蚀-剥蚀的黄土基岩丘陵 Erosion-transport loess bed-rock dune; (4) 侵蚀-剥蚀的黄土基岩低中山 Erosion-transport loess bed-rock hill; (5) 侵蚀-堆积的黄土台原 Erosion-deposition loess step plain; (6) 侵蚀-剥蚀的断块低山 Erosion-transport lump hill; (7) 冲湖积平原滩地 Alluvial-lake plain; (8) 风积波状沙丘 Wind deposition wave dune; (9) 沙盖黄土梁 Sand-cover loess hill; (10) 侵蚀-堆积的黄土涧地 Erosion-deposition loess saddle; (11) 河流阶地 River terrace; (12) 洪积扇群 Alluvial fan
地质结构 Geological structure	潜水埋深/ m Groundwater depth	1. < 10; 2. 10 ~ 50; 3. > 50; 4. 埋深不均 Uneven depth
	土壤酸碱度 Soil pH	1. 6.6 ~ 7.5; 2. 4.5 ~ 5.5; 3. 5.6 ~ 6.5; 4. 6.6 ~ 7.5; 5. 7.6 ~ 8.5; 6. 8.6 ~ 9.0; 7. > 9.0
	大地构造分区 Geo-structure	鄂尔多斯台坳 Erdos geoshield anticline; 鄂尔多斯台缘褶皱带 Erdos geoshield edge fold; 渭河地堑 Weihe trench; 豫西断隆 Yuxi crack fold; 北秦岭加里东褶皱带 North Qingling Calitong fold belt; 北祁连加里东褶皱系 North Qilian Calitong fold belt
	地应力强度分区 Geo-stress belt	北部弱应力区 Northern weak stress belt; 渭河地堑中应力区 Weihe trench medium stress belt; 豫西华山断块强应力区 Yuxi-Huashan crack lump strong stress belt; 秦岭北部中应力区 North Qinling medium stress belt
动力作用 Dynamic action	边坡应力强度分区 Slop stress belt	长城沿线沙漠区 Desert area along the Great Wall; 中小型黄土滑坡易发区 Medium-small loess slide distract; 中大型黄土滑坡易发区 Medium-large loess slide distract; 山区土石滑坡易发区 Earth-rock slide distract in mountain area

3.4 验证区农业环境地质要素评判值的获取
系统农业环境地质要素评判值的最终确定需得

到两类数值的支持,一是由图测获取的各要素各类型在农牧区分布中所占的比例,二是源自专家打分,

由层次分析法得到相对于农业环境地质系统稳定性（农牧业适宜性）各要素各类型的相对权数,结果见表 2。

表 2 验证区各农业环境地质要素各个类型的权值

Table 2 Weight of respective types in every factor of agro-environment geological system of test area																			
土壤质地 Soil texture		土壤养分 Soil nutrient		年降水量 Annual predipitation		地下水补给模数 Recharge ratio		地貌分区 Landscape type		潜水埋深 Ground-water depth		土壤酸碱度 Soil p H		大地构造分区 Geo-structure		地应力强度分区 Geo-stress belt		边坡应力强度分区 Slop stress belt	
类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight	类型 Types	权值 Weight
1	0.037 7	1	0.140 3	1	0.044 5	1	0.038 3	(1)	0.052 4	1	0.279 7	1	0.085 0		0.156 7		0.420 3		0.292 2
2	0.065 4	2	0.045 2	2	0.044 5	2	0.060 6	(2)	0.088 4	2	0.470 4	2	0.088 5		0.065 3		0.268 5		0.413 3
3	0.332 2	3	0.048 7	3	0.072 3	3	0.103 5	(3)	0.041 6	3	0.135 8	3	0.169 9		0.358 8		0.121 3		0.186 7
4	0.122 8	1	0.045 2	4	0.042 8	4	0.060 6	(4)	0.041 6	4	0.114 1	4	0.313 1		0.226 1		0.189 9		0.107 8
5	0.122 8	2	0.058 9	5	0.072 3	5	0.103 5	(5)	0.115 3			5	0.170 0		0.076 8				
6	0.065 5	1	0.070 6	6	0.072 3	6	0.176 7	(6)	0.034 6			6	0.088 5		0.116 3				
7	0.065 4	2	0.168 7	7	0.125 2	7	0.176 7	(7)	0.168 7			7	0.085 0						
8	0.122 8	1	0.223 8	8	0.125 2	8	0.280 1	(8)	0.019 0										
9	0.065 4	2	0.134 7	9	0.197 6			(9)	0.024 5										
			0.063 9	10	0.203 3			(10)	0.080 4										
								(11)	0.216 1										
								(12)	0.117 5										

3.5 验证区农业环境地质系统熵的分析 熵,结果见表 3。

3.5.1 系统熵及系统分界点熵值 将量测的各要素各类型面积比例和表 2 的权值数据代入式(4)中,由式(1)和式(3)可获得各要素的极限熵 $H_j(S)_{lim}$ 和标准熵 $H_j(S)_{sus}$,结果见表 4。求得各个分区各农业地质环境要素的加权信息

表 3 验证区各农业地质环境要素加权信息熵计算结果表

Table 3 Calculation results of respective factor's information entropy of agro-environmental geology of test area											
地区 District	要素类型 Factor type										
	物质组成 Material component				地质结构 Geological structure				动力作用 Dynamic action		
	土壤质地 Soil texture	土壤养分 Soil nutrient	年降水量 Annual precipitation	地下水补给模数 Recharge ratio	地貌分区 Landscape type	潜水埋深 Ground-water depth	土壤酸碱度 Soil p H	大地构造 Geo-structure	地应力强度 Geo-stress belt	边坡应力强度 Slope stress belt	
榆林 Yulin	0.630 7	1.981	1.249 5	1.294 3	1.450 8	0.867 6	0.748 7	0	0	0.672 9	
延安 Yan 'an	0.487 2	1.094 6	1.242 3	0.090 5	0.992 7	0.974 6	0.483 1	0.126 3	0	0	
铜川 Tongchuan	0.541 4	0.639 5	1.347 5	1.082 3	1.404 1	0.656 2	0	1.080 9	0.235 1	0	
宝鸡 Baoji	1.863 0	0.966 4	0.342 3	1.456 9	1.640 6	1.283 2	0.795 0	0.805 2	0.997 4	0.764 8	
咸阳 Xianyang	0.838 5	1.037 3	1.058 5	1.041 0	1.296 9	1.066 8	0.411 1	0.745 3	0.674 3	0.557 1	
西安 Xi 'an	1.340 4	0.656 8	1.633 0	1.054 8	0.945 4	0.928 6	0.841 0	0.270 5	0.661 0	0.271 4	
渭南 Weinan	1.064 0	0.390 7	1.163 3	1.315 9	1.295 0	1.184 2	0.237 5	0.460 5	0.680 4	0.728 5	

表 4 验证区农业环境地质系统分界点熵值的计算结果

Table 4 Calculation results of boundary value of agro-environment geological system in test area											
熵值 Entropy value	土壤质地 Soil texture	土壤养分 Soil nutrient	年降水量 Annual precipitation	地下水补给模数 Recharge ratio	地貌分区 Landscape type	潜水埋深 Ground-water depth	土壤酸碱度 Soil p H	大地构造 Geo-structure	地应力强度 Geo-stress belt	边坡应力强度 Slope stress belt	
$H_j(S)_{lim}$	2.197 2	2.302 6	2.302 6	2.079 4	2.484 9	1.386 3	1.945 9	1.791 8	1.386 3	1.386 3	
$H_j(S)_{sus}$	1.852 3	2.144 0	2.146 2	1.903 2	2.250 7	1.229 9	1.814 2	1.619 9	1.288 7	1.278 1	

3.5.2 极限熵差分析 由上述两类值可得极限熵差 $\Delta H_j(S)_{lim}$ 和标准熵差 $\Delta H_j(S)_{sus}$ 值,求取各分区 的平均熵差,结果见表 5。在农业环境地质系统各要素信息熵的求算过程中,已对各要素中各个类型

相对于农牧业的适宜性求得了权值,所以可认为各要素相对于这一目标已处在同等重要的程度上,故

系统熵差可简单用各要素熵差的算术平均值来代表。

表 5 验证区农业环境地质系统熵差值的计算结果

Table 5 Calculation results of system entropy deviation of test area

地区 District	熵差 Entropy deviation	土壤质地 Soil texture	土壤养分 Soil nutrient	年降水量 Annual precipitation	地下水补给 模数 Recharge ratio	地貌分区 Landscape type	潜水埋深 Ground- water depth	土壤 酸碱度 Soil pH	大地 构造 Geo- structure	地应力 强度 Geo- stress belt	边坡应 力强度 Slope stress belt	平均熵差 Average entropy deviation
榆林 Yulin	$\Delta H(S)_{lim}$	0.7129	0.5231	0.4574	0.3776	0.4161	0.3742	0.6152	1.0000	1.0000	0.5146	0.5991
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.6595	0.4878	0.4178	0.3199	0.3554	0.2946	0.5873	1.0000	1.0000	0.4735	0.5596
延安 Yan'an	$\Delta H(S)_{lim}$	0.7783	0.5246	0.4605	0.9565	0.6005	0.2970	0.7517	0.9295	1.0000	1.0000	0.7299
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.7370	0.4895	0.4212	0.9524	0.5589	0.2076	0.7337	0.9220	1.0000	1.0000	0.7022
铜川 Tong- chuan	$\Delta H(S)_{lim}$	0.7536	0.7223	0.4148	0.4795	0.4349	0.5267	1.0000	0.3968	0.8304	1.0000	0.6559
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.7077	0.0702	0.3721	0.4313	0.3761	0.4665	1.0000	0.3327	0.8176	1.0000	0.6506
宝鸡 Baoji	$\Delta H(S)_{lim}$	0.5056	0.5803	0.8513	0.2994	0.3398	0.0743	0.5914	0.5506	0.2805	0.4483	0.4522
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.4135	0.5493	0.8405	0.2345	0.2711	-0.0433	0.5618	0.5029	0.2260	0.4016	0.3958
咸阳 Xian- yang	$\Delta H(S)_{lim}$	0.6184	0.5495	0.5403	0.4994	0.4781	0.2305	0.7887	0.5840	0.5136	0.5981	0.5401
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.5473	0.5162	0.5068	0.4530	0.4238	0.1326	0.7734	0.5399	0.4768	0.5641	0.4934
西安 Xi'an	$\Delta H(S)_{lim}$	0.3900	0.7148	0.2908	0.4927	0.6195	0.3302	0.5678	0.8490	0.5232	0.8042	0.5582
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.2764	0.6973	0.2391	0.4458	0.5780	0.2450	0.5364	0.8330	0.4871	0.7877	0.5122
渭南 Weinan	$\Delta H(S)_{lim}$	0.5157	0.8303	0.4948	0.3672	0.4789	0.1458	0.8779	0.7430	0.5092	0.4745	0.5437
	$\Delta H(S)_{sus}$	0.4256	0.8178	0.4580	0.3086	0.4246	0.0372	0.8691	0.7157	0.4720	0.4300	0.4958

由表 6 可以看出,陕西黄土区现状条件(2000 年)的农业环境地质问题绝大多数仍属于原生性质的问题,即以人类农事活动进占到农业地质环境的相对脆弱区而遭遇到不利的农业地质环境现象为主。以 $\Delta H(S)_{sus} = 0.5$ 为界,7 个分区又可划分为两大类,宝鸡、咸阳、渭南 3 地区已属半自然状态,产生的农业环境地质问题虽以原生性质为主,但人为农业环境地质问题业已出现,显示这 3 个地区一方面存在农业地质环境相对脆弱的问题,另一方面人类农事活动的强度与范围也已深入推进到足以影响其农业环境地质系统稳定的程度。西安、榆林、铜川和延安大体仍属于自然状态,产生的农业环境地质问题相对较少,且以原生性质为主,这说明其农业地质环境相对于人类的农事活动强度和范围而言还具备相当的承受力,有较大的农业开发潜力,但这并不表明其农业环境地质优越,只是没有前 3 个地区脆弱而已。

以同期资料中所提供的耕地面积与乡村人口的比值来代表人类农事活动的强度与范围,将这一分级评判结论与熵差值进行对比,结果发现两组数据相关系数为:0.908 5(不含西安)和 0.778 3(含西安),具有较高的相关性。而西安作为省会城市,农民务工机会多,其农村人口看似量大,但真正务农的并不多,其耕地/人口的比值较小,反映的正是这一特殊性。

表 6 陕西省黄土区农业环境地质系统分级评判结果的检验

Table 6 Test result of grade accesement
in Shaaxi Loess area

地区 District	$\Delta H(S)_{sus}$	耕地/人口 Crop land/ Population
宝鸡 Baoji	0.395 8	3.112 8
咸阳 Xianyang	0.493 4	3.232 7
渭南 Weinan	0.495 8	4.051 2
西安 Xi'an	0.512 2	2.244 3
榆林 Yulin	0.559 6	5.237 5
铜川 Tongchuan	0.620 6	5.374 9
延安 Yan'an	0.702 2	5.631 4

该检验结果表明,分级评判的结论代表了实际情况,具有较高的可靠性。证实了本研究所提出的以信息熵理论评判区域农业环境地质系统状况的可行性。

4 结 论

具有明确地理范围的区域,其农业环境地质系统的状态变化,完全可以由人类农事活动对农业环境地质要素及其构成类型的进占程度来描述。可用信息熵来表征这一状态变化过程,并由此展开区域农业环境地质系统状况的现状评价。该研究成果不仅适用于一定区域农业环境地质系统状况的现状评价与分区,也可用于历史状况的评价。

【参考文献】

- [1] 魏宏森. 系统科学方法论导论[M]. 北京:人民出版社,1983:2-

- 10.
- [2] 李如生. 非平衡态热力学与耗散结构[M]. 北京:清华大学出版社,1986:40-52.
- [3] 仪垂祥. 熵产生和自然灾害[J]. 北京师范大学学报,1995,30(2):276-280.
- [4] Jaynes E T. Information theory and statistics mechanics I[J]. Physics Review,1957,106(3):21-27.
- [5] Arnold V I. 突变理论[M]. 周燕华,译. 北京:高等教育出版社,1990:12-24.
- [6] 刘式达. 非线性动力学和复杂现象[M]. 北京:气象出版社,1987:2-20.
- [7] 颜泽贤. 耗散结构与系统演化[M]. 福州:福建人民出版社,1987:11.
- [8] 王 彬. 熵与信息[M]. 西安:西北工业大学出版社,1994:10.
- [9] 孙宏义,刘新民,石庆辉,等. 沙坡头地段沙漠绿洲化进程的研究[J]. 干旱区资源与环境,1995,9(3):88-91.
- [10] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津:天津大学出版社,1988:1-25.
- [11] 张奠坤. 省区土地利用图的编绘方法[C]. 农业地图编制文集. 北京:科学出版社,1991:122-131.
- [12] 彭应登. 区域开发环境影响评价[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999:88-100.
- [13] 陕西省计划委员会. 陕西国土资源[M]. 西安:陕西人民出版社,1986:1-10.
- [14] 陕西省土壤普查办公室. 陕西土壤[M]. 北京:科学出版社,1992:10-100.

(上接第 222 页)

- [10] Ruskin R, Van Voris P, Cataldo D A. Root intrusion protection of buried drip irrigation devices with slow-release herbicides[P]. [S. l.]: Proc 3rd Nat Irrigation Symp, 1990:211-216.
- [11] 程先军,许 迪. 地下滴灌专用滴头的研制及初步应用[J]. 农业工程学报,2001,17(2):51-54.
- [12] 许 迪,李益农. 田间节水灌溉新技术研究与应用[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [13] 高胜国,张祖新,齐学斌,等. 新型抗堵塞地下灌溉系统技术方案[J]. 节水灌溉,2001(4):21-22.
- [14] Brown K W, Thomas J C, Friedman S. Wetting patterns associated with directed subsurface irrigation[R]. [S. l.]: Proc Int Conf on Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, 1996:806-811.
- [15] 王 伟,李光永. 利用工程措施改变地下滴灌土壤湿润模式的试验[J]. 节水灌溉,2000(3):22-24.

欢迎订阅 2008 年《中国组织工程研究与临床康复》 (原《中国临床康复》)杂志

《中国组织工程研究与临床康复》(原《中国临床康复》)杂志 2007 年更名,仍是美国《化学文摘》(CA)、荷兰《医学文摘库/医学文摘》(EM)、俄罗斯全俄科学技术信息研究所数据库(VINITI)、波兰《哥伯尼索引》(IC)、美国《剑桥科学文摘》(CA)、中国科技论文统计源期刊、中国中文(临床医学类)核心期刊、中国科学引文数据库等收录期刊。

本刊 2005 年发表的文章,被美国《化学文摘》单篇收录率 > 50%,居中国区期刊第 1 位,居国际排名第 57 位。作者在本刊发稿可有较大机会实现单篇文章被国际数据库收录的愿望,不仅体现了该篇稿件的学术价值,同时在作者晋升、评聘、课题评奖中会起到重要的作用。

2008 年本刊为周刊,每周二出版,出版重点为生物材料、骨科生物材料、口腔科生物材料、组织构建、骨科植入体、脊柱植入体、人工假体、人工器官、干细胞及细胞工程、器官/组织/细胞移植、心/脑/外周血管及腔内血管植入物、康复工程、生物工程等组织工程方面的研究。

欢迎上述研究原著及综述稿件以中文或英文形式投稿。

本刊出版周期:一般稿件修回后 6 个月出版,“绿色特快通道”承诺修回稿件 3 个月内出版。

通联方式:

咨询电邮:CRTERtgb@sina.com 电话:024-23389106 024-23384352

传 真:024-23388105 投稿电邮:kf23385083@sina.com kf22838105@sina.com。

国内订阅邮发代号:8-584 本社订阅:辽宁省沈阳 1200 邮政信箱 邮编:110004

定价:12 元/册。 更多信息详见 www.zglckf.com。